علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره نوزدهم، ویژه‌نامه شماره۴، بهار ۱۳۹۶

ارزیابی و مقایسه تجمع عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در پوسته و محتویات تخم گونه‌های پرستوی دریایی کاکلی کوچک (*Sterna bengalensis*) و سلیم خرچنگ‌خوار (*Dromas ardeola*) در جزایر خورموسی خلیج‌فارس

نسترن خادمی [1]*

khademin@yahoo.com

علیرضا ریاحی بختیاری [2]

سهیل سبحان اردکانی [3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۰۵/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: پایش زیستی روشی مطلوب برای تعیین غلظت فلزات و قابلیت دسترسی زیستی آن‌هاست. پرندگان به‌سبب قرار داشتن در سطوح تغذیه ای بالا و حساسیت زیاد نسبت به مواد سمی، پایش‌گر مناسبی برای آلودگی‌های محیطی هستند. لذا، این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه غلظت برخی فلزات در پوسته و محتویات تخم دو گونه پرنده در جزایر خورموسی خلیج فارس انجام یافته است.

روش بررسی: پس از جمع‌آوری ۱۳ عدد تخم پرستوی دریایی کاکلی کوچک و ۱۴ عدد تخم سلیم خرچنگ‌خوار از جزایر خورموسی در سال ۱۳۹۱، خشک کردن و هضم نمونه‌ها توسط اسید نیتریک، غلظت فلزات مورد مطالعه توسط دستگاه نشر اتمی خوانده شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر نیکل، سرب و وانادیوم (میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک) در پوسته تخم پرستوی دریایی کاکلی کوچک به‌ترتیب برابر با ۱۶±۵۱، ۸۹±۲۹۳ و ۵±۸۲ و در محتویات تخم این گونه نیز به‌ترتیب برابر با ۸±۴۷، ۱۳۴±۳۷۴ و ۷±۹۶ بود. همچنین میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم (میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک) در پوسته تخم گونه سلیم خرچنگ‌خوار به‌ترتیب برابر با ۱۸±۴۶، ۴۳±۲۲۸ و ۱۲±۷۳ و در محتویات تخم این گونه نیز به‌ترتیب برابر با ۸±۳۶، ۴۳±۲۴۴ و ۳±۹۵ بود.

نتیجه‌گیری: پرستوی دریایی کاکلی کوچک که از سطوح بالاتر زنجیر غذایی تغذیه می‌کند، در مقایسه با سلیم خرچنگ‌خوار، قابلیت بیش‌تری در تجمع زیستی فلزات دارد و می‌توان این گونه را به‌عنوان یک پایش‌گر زیستی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: *Sterna bengalensis*، *Dromas ardeola*، تجمع‌زیستی، فلز سنگین، جزایر خورموسی.

۱*- (مسوول مکاتبات): کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران.

۳- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, Special No.4, Spring 2017

Evaluation of Ni, Pb and V concentrations in egg contents and Eggshell of *Sterna bengalensis* and *Dromas ardeola* in Khourmousa Islands, Persian Gulf

Nastaran Khademi [1]*
khademin@yahoo.com
Alireza Riyahi-Bakhtiari [2]
Soheil Sobhanardakani [3]

Abstract

Background and Objective: Nowadays, it has been revealed that biomonitoring can be the optimal method for evaluating metal levels and their bio-availability. Birds are ideal for monitoring metal pollution due to being in high trophic levels and their high sensitivity to toxic substances.
Method: The levels of nickel, lead, and vanadium were evaluated in egg contents and eggshell of *Dromas ardeola* (n=14), and *Sterna bengalensis* (n=13), breeding in the northwestern Persian Gulf.
Findings: Levels of Ni, Pb and V (µg/kg dry weight) in the eggshell of *Sterna bengalensis* were found to be 51±16, 293±89, 82±5 respectively, and also the level of these metals (µg/kg dry weight) in egg contents of this species were found to be 47±8, 374±134, 96±7 respectively. Levels of Ni, Pb and V (µg/kg dry weight) in the eggshell of *Dromas ardeola* were found to be 46±18, 228±43, 73±12 respectively, and also the level of these metals (µg/kg dry weight) in egg contents of this species were found to be 36±8, 244±43, 95±3 respectively.
Conclusion: The results showed that *Sterna bengalensis*, because of feeding from the higher levels of the food chain, has a greater potential for bioaccumulation of metals as compared to *Dromas ardeola*, and can be used as a biological indicator.

Keywords: *Sterna bengalensis*, *Dromas ardeola*, bioaccumulation, heavy metals, Khourmousa Islands

1- MSc Graduated, Department of Environmental Science, College of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.* *(Corresponding Author)*
2- Associate Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Iran.
3- Associate Professor, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

مقدمه

در دهه‌های اخیر توسعه شهرنشینی و گسترش صنایع مختلف در حاشیه سواحل، مقادیر زیادی از فلزات را به بوم‌سازگان‌های دریایی وارد کرده است (۱). خلیج‌فارس با ویژگی‌های جغرافیایی و ارزش‌های بوم‌شناختی خاص خود یکی از نادرترین بوم‌سامانه‌های دریایی به‌شمار می‌رود که مجموعه‌ای از موجودات زنده منحصر به‌فرد را شامل می‌گردد. اهمیت خلیج‌فارس به‌عنوان منبع مهم اقتصادی و یکی از ذخیره‌گاه‌های ارزشمند نفت و گاز در جهان است که حدود ۶۵٪ از ذخایر نفت جهان را در خود جای داده است و سالیانه حدود ۲۵۰۰۰ تانکر نفتی و غیرنفتی از طریق تنگه هرمز وارد و از آن خارج می‌شوند. بنابراین، یکی از پرترددترین آب‌راه‌های جهان برای تانکرهای نفتی و غیر نفتی است (۴-۲). به‌دلیل نشت نفت، شستشوی تانکرهای نفت‌کش، تخلیه آب توازن کشتی‌ها، سکوهای بهره‌برداری از چاه‌های نفت و سوانحی مانند برخورد و تصادف کشتی‌های نفت‌کش و انهدام و آتش‌سوزی سکوهای نفتی، پهنه خلیج‌فارس و زیست‌مندان ساکن در آن در معرض آلودگی نفتی قرار گرفته است (۴).

فلزات از جمله ترکیبات مهم موجود در نفت خام محسوب می‌شوند (۵). از آن‌جا که زمان تعویض آب در خلیج‌فارس بین ۳ تا ۵ سال است، لذا، این امر بیان‌گر آن است که آلاینده‌ها برای زمان قابل ملاحظه‌ای در خلیج‌فارس باقی می‌مانند (۶). همچنین بخش‌های شمالی خلیج‌فارس به‌دلیل عمق کم و چرخش محدود، شوری و دمای بالا به میزان بیش‌تری تحت تاثیر آلاینده‌ها هستند (۷). خورموسی یکی از پیشرفتگی‌های زبانه مانند آب دریا به طرف خشکی است که در ناحیه شمال غربی خلیج‌فارس واقع شده است (۸). این خور کانال طویل و عمیقی است که در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی واقع شده، به‌طوری‌که خلیج فارس را به بنادر منطقه ماهشهر در استان خوزستان متصل می‌کند. خورموسی دارای خورهای متعددی است که هر کدام از این خورها دارای شرایط محیط‌زیستی خاص خود است (۹). این خور دارای بوم‌سازگان منحصر به‌فردی است که علاوه بر داشتن آب‌زیان با ارزش، پذیرای تعدادی از پرندگان بومی و مهاجر با ارزش نیز است (۱۰). بستر خورموسی غالباً از نوع گلی- رسی است. لذا، با توجه به طبیعت بستر گلی که قادر به جذب مواد آلاینده بیش‌تری نسبت به سایر بسترهاست، این موضوع می‌تواند ضمن برجای گذاشتن تاثیرات سوء بر آب‌زیان، موجب برهم خوردگی تعادل بوم‌شناختی این بوم‌سازگان نیز شود (۱۱). برخورداری این منطقه از موقعیت خاص جغرافیایی، منجر به ایجاد مجموعه‌ای از تأسیسات و صنایع پتروشیمی مانند مجتمع‌های پتروشیمی رازی و امام خمینی و نیز بنادر حساس و راهبردی مانند ماهشهر و اسکله‌های صادرات نفت شرکت نفت ایران و ... شده است (۱۲). لذا، آلودگی آب در خور موسی عمدتاً ناشی از تخلیه حجم بسیار زیاد فاضلاب و پساب‌های صنعتی، فاضلاب و سر ریز آمونیاک و اوره تولیدی، فاضلاب‌هایی آلوده به مواد شیمیایی و نشت نفت مربوط به حوادث نفت‌کش‌ها و سکوهای نفتی است. از طرفی وجود جزر و مد بالا در این منطقه، دامنه گسترش آلاینده‌ها را بسیار افزایش داده و باعث شده است که کل منطقه خورموسی و انشعابات آن تحت تاثیر آلاینده‌های تخلیه شده به خور قرار گیرد (۱۳ و ۱۴).

پرندگان دریایی و گونه‌های ساحلی همواره در معرض مواد شیمیایی وارد شده به محیط دریایی هستند. در بوم سازگان‌های دریایی بسیاری از مواد شیمیایی در بافت‌های بدن موجودات زنده تجمع‌یافته و در اثر بزرگ‌نمایی زیستی در طول زنجیر غذایی، در بافت پرندگان ماهی‌خوار افزایش یافته و به دلیل چربی‌دوست بودن، در فصل تولیدمثل به همراه تخم از بدن دفع می‌شوند. در این میان، پرندگان گوشت‌خوار رأس هرم غذایی، اغلب با توجه به این که در مقایسه با گونه‌های پایین‌تر زنجیر غذایی در معرض سطوح بالاتری از آلاینده‌ها قرار می‌گیرند، به‌عنوان پایش‌گر زیستی آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۵). از این‌رو، به‌دلیل نقش حساس پرندگان به عنوان شاخص جنبه‌های مختلف آلاینده‌های محیط‌زیستی، پایش زیستی آلاینده‌های محیطی از طریق مطالعه بافت، پوسته

و محتویات تخم و ... پرندگان در کشورهای مختلف از سال ۱۹۶۰ مورد توجه قرار گرفته است (۱۶ و ۱۷).

با توجه به این‌که خلیج‌فارس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های تولیدمثلی پرندگان آب‌زی در جنوب غربی آسیا محسوب می‌شود (۱۸ و ۱۹) و تاکنون تحقیقی در خصوص ارزیابی میانگین غلظت تجمع‌یافته فلزات در تخم پرندگان آب-زی این منطقه انجام نشده است، همچنین اهمیت خوریات به عنوان مهم‌ترین زیستگاه‌های ساحلی به‌واسطه ویژگی‌های خاص مانند عمق کم، تاثیرپذیری از زیستگاه‌های خشکی، مکان امن برای تغذیه، تولیدمثل و نوزادگاه انواع آب‌زیان، این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه غلظت عناصر نیکل، وانادیوم و سرب در پوسته و محتویات تخم گونه‌های پرستوی دریایی کاکلی کوچک و سلیم خرچنگ‌خوار در منطقه خورموسی خلیج‌فارس انجام یافته است.

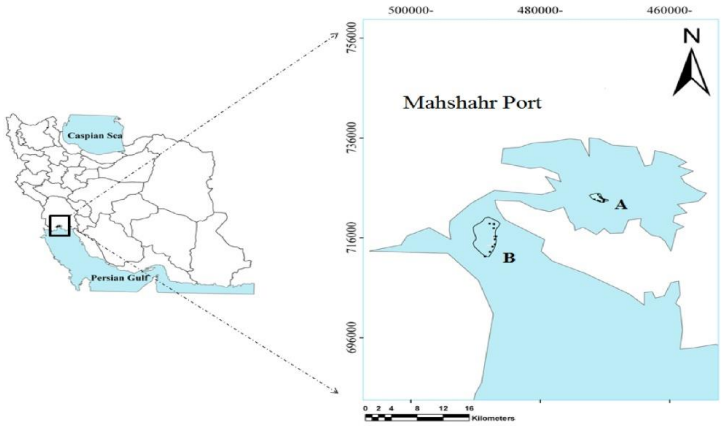
مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

به منظور تعیین غلظت عناصر در پوسته و محتویات تخم پرندگان آب‌زی، از دو جزیره قبر ناخدا و جزیره کوچک یا پهنه گلی دیگری که در زمان جزر نمایان می‌شود (جزیره دوم)، در منطقه خورموسی (شکل ۱)، نمونه‌برداری انجام یافت. بدین منظور در جزیره قبر ناخدا، ۱۴ تخم از گونه سلیم خرچنگ‌خوار و در جزیره دوم، ۱۳ تخم از گونه پرستوی دریایی کاکلی کوچک نمونه‌برداری شد. همگی تخم‌ها از یک کلونی تولیدمثلی جمع‌آوری و از هر آشیانه، تنها یک تخم برداشت شد (۲۰). نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در کیسه‌های پلاستیکی در یونولیت محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل شده و تا مرحله آزمایش در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر نگه‌داری شد.

آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها

ابتدا تخم‌ها توسط آب دوبار تقطیر به‌خوبی شسته، آبکشی و خشک شدند. پس از انجام عملیات مربوط به زیست‌سنجی شامل اندازه‌گیری طول، عرض و وزن، تخم‌ها را شکسته، پوسته و محتویات تخم‌هایی که نطفه در آن‌ها شکل نگرفته بود با دقت از هم جدا و در ظروف مخصوص نمونه قرار داده شد (۲۱). نمونه‌ها در آون به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی-گراد قرار داده شد تا به وزن ثابتی برسند (۲۲). سپس نمونه‌ها تا پودر شدن کامل در هاون سنگی کوبیده شدند. از هر نمونه خشک شده تخم پرنده، حدود نیم گرم را به بشر منتقل و سپس به میزان ۷/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ٪۶۹ به آن اضافه شد. نمونه ها به‌مدت یک ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت سه ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه هاضم Hot Block Digester هضم شد (۲۲-۲۴). در مرحله بعد، نمونه‌های هضم‌شده با ۲۵ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر رقیق شد. در نهایت نیز نمونه‌ها پس از عبور از کاغذ فیلتر Black Ribbon شماره ۱ صاف شده و محلول حاصل برای تعیین غلظت فلزات در ظروف پلی‌اتیلنی نگه‌داری شدند (۲۵).



شکل ۱-نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه (جزیره قبر ناخدا (B)، جزیره دوم (A))

Figure 1- Study area situation map (Ghabr-e-Nakhoda Island (B), Second Island (A))

تعیین غلظت عناصر در نمونه‌ها

بدین منظور غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در نمونه‌های هضم‌شده با استفاده از دستگاه اسپکترومتری نشر اتمی پلاسمای جفت شده القایی مدل Ultima 2 بر حسب میکروگرم در کیلوگرم ماده خشک خوانده شد (۲۰).

پردازش آماری داده‌ها

برای پردازش آماری داده‌ها از ویرایش ۱۸ نرم‌افزار SPSS به شرح ذیل استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک، به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار غلظت عناصر در نمونه‌ها بین گونه‌های مورد مطالعه در ایستگاه‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه کروسکال والیس و برای تعیین اختلاف معنی‌دار در غلظت تجمع‌یافته عناصر مورد ارزیابی بین محتویات و پوسته تخم از آزمون من- ویتنی یو استفاده شد.

نتایج

نتایج مربوط به زیست‌سنجی تخم پرندگان مورد مطالعه:

در کل تعداد ۱۴ تخم از گونه سلیم خرچنگ‌خوار از جزیره قبر ناخدا و ۱۳ تخم از گونه پرستوی دریایی کاکلی کوچک از جزیره دوم زیست‌سنجی شد که نتایج حاصل در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- آمار توصیفی نتایج مربوط به زیست‌سنجی تخم پرندگان مورد مطالعه

Table 1- Descriptive statistical analysis (average and standard deviation) of bioassay results of the bird eggs

	طول (سانتی‌متر)	عرض(سانتی‌متر)	حجم (سانتی‌مترمکعب)	وزن (گرم)
گونه	انحراف معیار± میانگین	انحراف معیار± میانگین	انحراف معیار± میانگین	انحراف معیار± میانگین
سلیم خرچنگ‌خوار	۶/۴±۰/۱	۴/۵±۰	۶۳/۲±۱/۴	۶۸±۱
پرستوی دریایی کاکلی کوچک	۴/۵±۰	۳/۱±۰	۲۰/۹±۰/۲	۲۳/۸±۰/۷

نتایج مربوط به میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در پوسته و محتویات تخم گونه‌های مورد مطالعه در منطقه خورموسی

نتایج در جدول ۲ ارایه شده است. بر این اساس، میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم (میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک) در پوسته تخم گونه سلیم خرچنگ‌خوار جزیره قبرناخدا به‌ترتیب برابر با ۱۸±۴۶، ۴۳±۲۲۸ و ۱۲±۷۳ و میانگین غلظت این عناصر (میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک) در محتویات تخم این گونه نیز به‌ترتیب برابر با ۸±۳۶، ۴۳±۲۴۴ و ۳±۹۵ حاصل شد. همچنین، میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم (میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک) در پوسته تخم گونه پرستوی دریایی کاکلی کوچک جزیره دوم به‌ترتیب برابر با ۱۶±۵۱، ۸۹±۲۹۳ و ۵±۸۲ و میانگین غلظت این عناصر (میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک) در محتویات تخم این گونه نیز به‌ترتیب برابر با ۸±۴۷، ۱۳۴±۳۷۴ و ۷±۹۶ بود.

جدول ۲- غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در پوسته و محتویات تخم گونه‌های مورد مطالعه بر حسب میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک

Table 2- Concentrations (µg/kg, dry weight) of Ni, Pb and V in the shell and contents of studied bird eggs

گونه	عنصر	بافت	تعداد	کمینه	بیشینه	انحراف معیار ±میانگین
سلیم خرچنگ خوار	نیکل	پوسته	۱۴	۰/۹	۲۶۱	۴۶ ± ۱۸
		محتویات	۱۴	۳	۸۱	۳۶ ± ۸
	سرب	پوسته	۱۴	۱۴	۴۷۰	۲۲۸ ± ۴۳
		محتویات	۱۴	۴۳	۴۶۸	۲۴۴ ± ۴۳
	وانادیوم	پوسته	۱۴	۵۹	۱۲۲	۷۳ ±۱۲
		محتویات	۱۴	۷۵	۱۰۹	۹۵ ± ۳
پرستوی دریایی کاکلی کوچک	نیکل	پوسته	۱۳	۲	۷۱	۵۱ ±۱۶
		محتویات	۱۳	۳۸	۷۴	۴۷ ±۸
	سرب	پوسته	۱۳	۳۰	۴۲۶	۲۹۳ ± ۸۹
		محتویات	۱۳	۱۵	۶۶۵	۳۷۴ ±۱۳۴
	وانادیوم	پوسته	۱۳	۶۴	۱۲۰	۸۲± ۵
		محتویات	۱۳	۵۹	۷۹	۹۶ ± ۷

روند ترتیب تجمع عناصر در پوسته و محتویات تخم پرندگان مورد مطالعه بیان‌گر آن بود که بجز عنصر نیکل که در پوسته تجمع بالاتری در مقایسه با محتویات تخم دارد، تجمع سایر عناصر در محتویات تخم بیش‌تر از پوسته بوده است (جدول ۲). تجمع فلزات در پوسته و محتویات تخم پرندگان مورد مطالعه در هر دو جزیره از روند نیکل < وانادیوم < سرب پیروی کرده است

نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در تخم گونه‌های مورد مطالعه:

به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار در میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در پوسته و محتویات تخم گونه سلیم خرچنگ-خوار و پرستوی دریایی کاکلی کوچک از آزمون آنالیز واریانس یک-طرفه کروسکال والیس استفاده شد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین غلظت تجمع‌یافته فلزات در پوسته و محتوی نمونه‌های تخم پرندگان در جزایر خورموسی بر اساس آزمون کروسکال والیس

Table 3- The results of comparison of mean concentrations of heavy metals in the shell and contents of bird eggs in the Khourmousa Island according to the Kruskal–Wallis test

نمونه	فلز	آزمون کروسکال والیس Chi-Square	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
تخم پوسته	نیکل	۰/۹۸	۱	۰/۳۲
	سرب	۱/۷۴	۱	۰/۱۹
	وانادیوم	۱/۷۴	۱	۰/۱۹
تخم محتویات	نیکل	۱/۵	۱	۰/۲۸
	سرب	۱/۵	۱	۰/۲۸
	وانادیوم	۱۰/۳	۱	۰/۰۰۱

نتایج نشان داد که بجز در مورد میانگین غلظت تجمع‌یافته فلز وانادیوم که در محتوی تخم گونه‌ها بین جزایر تفاوت معنی‌دار آماری وجود دارد ($p<۰/۰۵$)، در خصوص میانگین غلظت تجمع‌یافته فلزات نیکل و سرب در پوسته و محتوی تخم‌ها و وانادیوم در پوسته تخم گونه‌ها بین جزایر تفاوت معنی‌دار آماری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$) (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب و وانادیوم بین محتویات و پوسته تخم در گونه‌های مورد مطالعه

بدین منظور از آزمون من- ویتنی یو استفاده شد (جداول ۴و۵).

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین بین محتوی و پوسته تخم سلیم خرچنگ‌خوار در جزیره قبر ناخدا بر اساس آزمون من-ویتنی یو

Table 4- The results of survey of mean concentrations of heavy metals between the shell and contents of bird eggs in the Ghabr-e-Nakhoda Island according to the Mann Whitney U test

عنصر	تعداد	سطح معنی‌داری
نیکل	۱۴	۰/۸۷
سرب	۱۴	۰/۶۳
وانادیوم	۱۴	۰/۰۲

نتایج بیان‌گر آن بود که تفاوت معنی‌دار آماری در میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر نیکل و سرب بین محتوی و پوسته تخم گونه سلیم خرچنگ‌خوار وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). اما میانگین غلظت تجمع‌یافته عنصر وانادیوم محتوی تخم این گونه به‌طور معنی‌دار از تجمع این عنصر در پوسته تخم بیش‌تر بود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین بین محتوی و پوسته تخم پرستوی دریایی کاکلی کوچک در جزیره دوم بر اساس آزمون من- ویتنی یو

Table 5- The results of survey of mean concentrations of heavy metals between the shell and contents of bird eggs in the Second Island according to the Mann Whitney U test

عنصر	تعداد	سطح معنی داری
نیکل	۱۳	۰/۹۴
سرب	۱۳	۰/۳۱
وانادیوم	۱۳	۰/۰۲۶

نتایج آزمون آماری من- ویتنی یو بیان‌گر آن بود که بین محتوی با پوسته تخم گونه پرستوی دریایی کاکلی کوچک از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر نیکل و سرب تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$). در حالی که در میانگین غلظت تجمع‌یافته فلز وانادیوم بین محتوی با پوسته تخم این گونه تفاوت معنی‌دار آماری وجود داشت ($p<۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون کروسکال والیس بیان‌گر آن بود که علی‌رغم وجود تفاوت معنی‌دار آماری میانگین غلظت تجمع‌یافته فلز وانادیوم در محتوی تخم گونه‌های مورد مطالعه بین دو جزیره ($p<۰/۰۵$)، میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر نیکل و سرب در نمونه‌های پوسته و محتوی تخم و همچنین میانگین غلظت وانادیوم در پوسته تخم گونه‌ها بین جزایر با یکدیگر تفاوت

معنـی‌دار آمـاری نداشـتند ($p>0/05$) (جـدول ۳). متغیرهـای گوناگونی از جمله سن، جـنس، رژیـم غـذایی موجـود، ترکیـب شیمیایی فلزات، فیزیولوژی جذب و دفع عناصر در بـدن گونـه، کارکرد این عناصر در اندام‌های مختلف، منابع تولیـد فلـزات در اطراف زیستگاه و ... وجود دارد که می‌تواند بر رابطه غلظت ماده آلاینده-واکنش موجود تاثیر بگذارد (۲۶). احتمـالاً در پرنـدگان آب‌زی، رژیم غذایی بیش از محدوده جغرافیایی در جذب فلزات نقش دارد (۲۹-۲۷). تحقیقات زیادی نشـان دادنـد کـه سـطح زنجیر غذایی مرتبط به زیستگاه و رژیم غذایی، در تجمع فلـزات در بافت‌های پرندگان نقش عمده‌ای دارد (۲۷، ۲۸، ۳۰). تجمع زیسـتی بـالاتر عناصـر نیکـل، سـرب و وانـادیوم در پوسـته و محتویات نمونه‌های تخم پرسـتوی دریـایی کـاکلی کوچـک در مقایسه با سلیم خرچنگ‌خوار را مـی‌تـوان بـا عـواملی همچـون تفاوت میان موقعیت سـطوح تغذیـه‌ای آن‌هـا، زمـان تمـاس بـا محیط و همچنین خصوصیات بیوشـیمی و فیزیولـوژیکی گونـه مرتبط دانست (جدول ۲) (۲۷، ۳۱). پرستوهای دریایی ماهی-خوار هستند و عمدتاً از ماهی‌های کوچک پلاژیک دور از ساحل به‌وسیله شیرجه رفتن تغذیه می‌کننـد (۳۲). در مقابـل، سـلیم خرچنگ‌خوار یک بی‌مهره‌خوار اسـت و از بـی‌مهرگـان کـف‌زی منطقه بین جزر و مدی مانند خرچنگ‌ها و نرم‌تنان تغذیه مـی-کند (۳۳). از آن‌جاکه ماهی‌هـا در سـطح بـالاتر زنجیـر غـذایی هستند و ممکن است به‌طور قابل تـوجهی فلـزات بـیش‌تـری را نسبت به بی‌مهرگان تجمع دهند، لذا، پرنـدگان آب‌زی مـاهی-خوار در مقایسه با پرندگان آب‌زی بی‌مهره‌خوار نسبت به تجمع زیستی فلزات حساسیت بیش‌تری دارند (۳۷- ۳۴).

میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر سرب و وانادیوم در پوسـته و محتویات تخم پرنـدگان در ایـن پـژوهش بـا میـانگین غلظـت تجمع‌یافته این عناصـر در پوسـته تخـم گونـه اگـرت کوچـک، میانگین غلظـت عنصـر وانـادیوم در محتویـات تخـم پرسـتوی دریـایی پشـت دودی در هنـگ کنـگ (۲۰، ۳۸) و همچنـین میانگین غلظت فلز سرب در پوسته تخم گونـه کاکـایی نقـره‌ای نیوجرسی (۳۹) مطابقت دارد (جدول ۶). مقایسه نتایج حاصـل از این پژوهش در مقایسه با دستاورد سایر پژوهش‌ها در جـدول ۶ ارایه شده است.

در این پژوهش، نسبت به بررسی سـطوح اثـرات عناصـر نیکـل، سرب و وانادیوم در نمونه‌های تخم گونه‌های مورد ارزیابی، اقدام شد. در این راستا، مطالعات آزمایشگاهی برای شناسایی غلظـت فلزاتی که باعث اثرات مضر بـر رفتـار، فیزیولـوژی یـا موفقیـت تولیدمثلی پرندگان و تعیین اثرات منفی بر سطوح غذایی مـی-شوند، به‌ویژه سرب که اثرات شناخته شده دارد، مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد (۴۰). سـرب یـک فلـز سـمی عصـب‌گـرا (Neurotoxin) است که موجب مشکلات رفتاری- شناختی و کاهش بقا، رشد، یادگیری و سوخت و ساز مـی‌شـود (۴۱، ۴۲). سطوح غذایی با میزان ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم سرب موجب کاهش یادگیری در بعضـی مهـره‌داران مـی‌شـود (۴۱). در ایـن پژوهش بیش‌ترین میانگین غلظت فلز سرب مربوط به محتویات تخـم پرسـتوی دریـایی کـاکلی کوچـک (۳۷۴ میکروگـرم در کیلوگرم) دارای اختلاف نسبتاً کمی با سطح اثر ارایه شده بود.

جنس ماده می‌تواند فلزات را بـه پوسـته و همچنـین محتویـات تخم انتقال دهد. لذا، سطوح فلز در پوسته تخم ممکن است بـار تجمع‌یافته فلزات در جنس مـاده را مـنعکس کنـد (۴۳، ۴۴). افزون بر این، احتمـال انتقـال بعضـی مـواد جامـد و معـدنی از پوسته تخم به جنین در طول نیمـه پایـانی تفـریخ وجـود دارد (۴۵)، بنابراین، مواد معدنی سمی در پوسـته، ممکـن اسـت بـر توانایی مورد نیاز جنین برای خروج موفق از تخم تـأثیر بگـذارد (۴۴). این موضوع لزوم ارزیابی تجمع فلزات در پوسـته تخـم را نمایان می‌کند.

نتایج پژوهشی بیان‌گر آن بود که میانگین غلظـت تجمـع‌یافتـه عناصـر آرسـنیک، نیکـل، سـرب و وانـادیوم در پوسـته تخـم گنجشک‌سانان در مقایسه با محتویات آن بیش‌تر بوده، در حالی که میانگین غلظت عنصر سلنیوم در محتویات تخم بیش‌تر بوده است (۴۴). Lam و همکاران (۲۰۰۵ و ۲۰۰۴) گزارش کردنـد که میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر کادمیوم، کبالـت، سـرب، وانادیوم و سلنیم در پوسته تخم پرستوی دریـایی پشـت دودی، اگـرت کوچـک (*Egretta garzetta*) و حواصـیل شـب

(*Nycticorax nycticorax*) بیش‌تر از محتویات تخم است (۲۰، ۳۸). همچنین Agusa و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر سرب و کبالت در پوسته تخم کاکایی دم سیاه (*Larus crassirostris*) در مقایسه با محتویات تخم و میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر وانادیوم و سلنیوم در محتویات تخم نسبت به پوسته تخم، بیش‌تر بوده است (۴۳).

جدول ۶- مقایسه میانگین غلظت فلزات در پوسته و محتویات تخم گونه‌های پرنده مورد مطالعه با نتایج مطالعات در سایر نقاط جهان (بر حسب میکروگرم در کیلوگرم)

Table 6- Comparison of present mean concentration of heavy metals (µg/kg) in shell and contents of bird eggs with results of other studies

گونه مورد مطالعه	منطقه جغرافیایی	نیکل		سرب		وانادیوم		منبع
		پوسته	محتویات	پوسته	محتویات	پوسته	محتویات	
Icteria virens	آریزونا، آمریکا	۴۱۰۰	BDL	۶۰۰	BDL	۵۲۰۰	BDL	(۴۴)
Empidonax traillii	آریزونا، آمریکا	۶۵۰۰	BDL	۹۰۰	BDL	۴۸۰۰	BDL	(۴۴)
Nycticorax nycticorax	آنکارا، ترکیه	۲۲۳	–	۱۱۰۸	–	–	–	(۴۶)
Ardea cinerea	آنکارا، ترکیه	۴۰۵	–	۶۸۲۷	–	–	–	(۴۶)
Larus argentatus	نیوجرسی، آمریکا	–	–	۳۰۰	۲۵۰۰	–	–	(۴۷)
Sterna dougallii	نیوجرسی، آمریکا	–	–	۱۲۰۰	۲۳۰۰	–	–	(۴۸)
Egretta garzetta	هنک کنگ	–	–	۱۵۲	۱۴	۱۰۷	۳۰	(۳۸ ،۲۰)
Nycticorax nycticorax	هنک کنگ	–	–	۳۰	۷	۱۱	۸	(۳۸ ،۲۰)
Sterna anaethetus	هنک کنگ	–	–	۶۰	۱۰	BDL	۹۶	(۳۸ ،۲۰)
Larus crassirostris	هوکایدو، ژاپن	–	–	۶۱	۲۳	۱۱	۴۱	(۴۳)
Dromas ardeola	جزیره قبر ناخدا	۴۶	۳۶	۲۲۸	۲۴۴	۷۳	۹۵	مطالعه حاضر
Sterna bengalensis	جزیره دوم	۵۱	۴۷	۲۹۳	۳۷۴	۸۲	۹۶	مطالعه حاضر

BDL = Below Detection Limit

Ohlendorf و Harrison(۱۹۸۶) نسبت به ارزیابی غلظت عناصر جیوه، سلنیوم و کادمیوم در تخم سه گونه از پرندگان دریایی مجمع‌الجزایر هاوایی شامل *Puffinus pacificus*، *Sula sula* و *Sterna fuscata* اقدام کرده و نتیجه گرفتند که مقادیری از عناصر جیوه و سلنیوم در تمامی تخم‌ها یافت شده است (۴۹).

Morera و همکاران (۱۹۹۷) نسبت به ارزیابی تنوع درون دسته‌ای و بین دسته‌ای مقادیر عناصر روی، مس، منگنز، کادمیوم، سرب، جیوه و سلنیوم در ۵۷ عدد تخم گونه کاکایی در دلتای ابرو اسپانیا اقدام کرده و نتیجه گرفتند که رابطه میان جیوه در پوسته و محتویات تخم به اندازه کافی دقیق نیست که بتوان از غلظت‌های موجود در پوسته تخم برای پیش‌بینی غلظت فلزات در محتوی تخم استفاده کرد (۵۰).

Goutner و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهشی به ارزیابی غلظت عناصر سرب و کادمیوم در تخم گونه‌های باکلان و کاکایی مدیترانه‌ای ساکن تالاب‌های یونان پرداخته و اختلاف مقادیر کادمیوم و سرب در محتوی تخم گونه‌های دلتاهای آکسیوس و اوروس را با رژیم غذایی متفاوت آن‌ها مرتبط دانستند. همچنین غلظت‌های اندک هر دو فلز در تخم‌ها را به ورود ناچیز عناصر به محیط و یا عدم حساسیت تخم برای استفاده از آن به‌عنوان

پایش‌گر زیستی کادمیوم و سرب مرتبط دانستند (۵۱). Mora (۲۰۰۳) در تحقیقی که به منظور ارزیابی غلظت عناصر باریوم، مس، منگنز، سلنیوم، استرانسیوم و روی در پوسته و محتویات تخم چند گونه از گنجشک‌سانان چهار منطقه آریزونا انجام یافت، نتیجه گرفت که اغلب عناصر در پوسته تخم تجمع‌یافته‌اند. همچنین به استثنای عناصر مس، منگنز، سلنیوم و روی، غلظت عناصر غیر آلی در پوسته تخم، ۲ تا ۳۵ برابر تجمع این عناصر در محتوی تخم‌ها بود. عنصر استرانسیوم نیز در پوسته تخم گونه‌های چت سینه‌زرد و مگس‌خوار درخت بید و در محتوی تخم گونه مرغ آوازخوان زرد و گنجشک‌های آوازخوان یافت شد. از این‌رو، موفقیت کم‌تر جوجه‌آوری در برخی نواحی را به تجمع این فلز در پوسته تخم نسبت دادند (۴۴).

در پژوهشی دیگر، Ikemoto و همکاران (۲۰۰۵) نسبت به ارزیابی غلظت عناصر وانادیوم، کروم، منگنز، کبالت، مس، روی، سلنیوم، روبیدیوم، استرانسیوم، مولیبدن، نقره، کادمیوم، سزیم، باریوم، جیوه، آنتیموان، تالیوم و سرب در پوسته و محتوی تخم گونه‌های آلباتروس دم کوتاه و آلباتروس پا سیاه در جزیره توریشیمای ژاپن اقدام کرده و نتیجه گرفتند که غلظت جیوه در محتویات تخم هر دو گونه نسبت به سایر فلزات سمی، بیش‌تر بوده است. همچنین در محتوی تخم برخی از آلباتروس‌های پا سیاه، غلظت جیوه بیش‌تر از سطح آستانه بود، که می‌تواند منجر به کاهش تفریخ و ایجاد رفتارهای ناهنجار آشیانه‌سازی در پرنده شود. از سوی دیگر در این پژوهش مشخص شد که غلظت عنصر کادمیوم در محتوی تخم و عنصر باریوم در محتوی تخم و پوسته، با افزایش نسبت عرض به طول تخم افزایش یافته است (۵۲).

به‌طور کلی نتایج پژوهش بیان‌گر آن بود که پرستوی دریایی کاکلی کوچک که در مقایسه با سلیم خرچنگ‌خوار از سطوح بالاتر زنجیر غذایی تغذیه می‌کند، قابلیت بیش‌تری در تجمع زیستی فلزات دارد و می‌توان این گونه را به‌عنوان یک پایش‌گر زیستی معرفی کرد.

منابع

۱- بنایی، م، رعیت پیشه، م.ک، (۱۳۸۵). "اکولوژی دریا (اکوسیستم های دریایی و اقیانوسی)"، انتشارات نقش مهر، ۲۷۰ صفحه.

2- Khan, NY., (2002). “Physical and human geography. In: khan, N.Y., Munawar, M.P. and Price, A.R.G (Eds , The Gulf system: Heath and Sustainability”. Bakhuys Publishers, Leiden, PP. 3-21.

3- Khademi, N., Riyahi-Bakhtiari, A., Sobhanardakani, S., Rezaie-Atagholipour, M., Burger, J., (2015). "Developing a bioindicator in the northwestern Persian Gulf, Iran: trace elements in bird eggs and in coastal sediments". Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 68, 274-282.

۴- خادمی، ن.، (۱۳۹۱). پایش زیستی فلزات وانادیوم، نیکل و سرب با استفاده از تخم پرندگان دریایی در منطقه خور موسی- خلیج فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۲۲ صفحه.

۵- اسماعیلی ساری، ع، (۱۳۸۱). "آلاینده ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست"، انتشارات نقش مهر، ۷۶۷ صفحه.

6- Sheppard, C., (1993). “Physical environment of the Persian Gulf relevant to marine pollution: An overview”. Marine Pollution Bulletin, 27, 3-8.

7- Saeed, T., Al yakoob, S., Al-Hashash, H., Al Bahloul, M., (1995). “Preliminary exposure assessment for Kuwaiti consumers to polycyclic aromatic hydrocarbons in seafood”. Environment International, 3, 255-263.

۸- پارسامنش، ا، نجف پور، ن، خدادادی، م، داودی، ف، سبزعلیزاده، س، (۱۳۷۲). "بررسی مقدماتی هیدروبیولوژیک خوریات استان خوزستان"، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۶۷ صفحه.

۹- ساواری، ا، سخائی، ن، کوچنین، پ، (۱۳۸۱). "بررسی اجتماعات ده پایان پلانکتونیک (گروه Natantia) در خورموسی (استان خوزستان)"، فصلنامه علمی شیلات ایران، سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۵۸-۴۱.

۱۰- سبزعلیپور، ی، جعفرزاده، ن. ا، پرهام، ه، (۱۳۸۷). "بررسی مشکلات زیست محیطی و مدیریت آلاینده ها در واحد الفین مجتمع پتروشیمی بندر امام"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، سال ۱۰، شماره ۴، صفحات ۲۶۱-۲۴۶.

۱۱- حبیبیان، ط، (۱۳۸۷). "بررسی میزان تجمع بیولوژیکی فلزات سنگین نیکل، سرب و روی در عضله شبه شوریده و رسوبات بستر خور موسی (ماهشهر و معاوی)"، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۵۶ صفحه.

۱۲- جاوید، ا. ح، صمدیار، ح، (۱۳۸۶). "مدل سازی تاثیر تغییر pH در انتقال فلزات سنگین (نیکل و کادمیوم) در خلیج فارس (خورموسی) ناشی از فعالیت های پتروشیمی بندر امام خمینی"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۱۴-۱.

۱۳- جعفریان مقدم، ا، ملماسی، س، منوری، س. م، جوزی، س. ع، (۱۳۹۰). "بررسی اثرات محیط زیستی صنایع پتروشیمی منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی"، فصلنامه علوم محیطی، سال ۸، شماره ۳، صفحات ۱۵۶-۱۴۵.

۱۴- مظاهری نژاد، م. ف، (۱۳۷۴). "بررسی آماری و اندازه گیری فلزات سنگین در آب و رسوب منطقه خوریات استان خوزستان (ماهشهر-خورموسی) کارخانجات پتروشیمی بندر امام خمینی"، پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، ۴۹ صفحه.

15- Burger, J., Gochfeld, M., (2003). “Spatial and temporal patterns in metal levels in eggs of common terns (Sterna hirundo) in New Jersey”. Science of the Total Environment, 311, 91-100.

16- Becker, P.H., Thyen, S., Mickstein, S., Sommer, U., Schmieder, K., (1998). “Monitoring pollutants in coastal bird eggs in the Wadden Sea. In: Wadden Sea Ecosystem No. 8”. Final report of the pilot study 1996-1997, pp. 59-98.

17- Becker, P.H., Cifuentes, M.J., Behrends, B., Schmieder, K.R., (2001). “Contaminants in bird eggs in the Wadden Sea spatial and temporal trends 1991-2000”, Wadden Sea Ecosystem No 11, Common Wadden Sea Secretariat Wilhelmshaven, 88 p.

18- Scott D.A., (2007). “A review of the status of the breeding waterbirds in Iran in the 1970s”. Podoces, 2 (1), 1-21.

19- Tayefeh, F.H., Zakaria, M., Amini, H., Ghasemi, S., Ghasemi, M., (2011). “Breeding waterbird populations of the islands of the Northern Persian Gulf, Iran”. Podoces, 6 (1), 49-58.

20- Lam, J.C.W., Tanabe, Sh., Chan, S.K.F., Lam, M.H.W., Martin, M., Lam, P.K.S., (2005). “Risk to breeding success of waterbirds by contaminants in Hong Kong: evidence from trace elements in eggs”. Environmental Pollution, 135, 481-490.

21- Anan, Y., Kunito, T., Watanabe, I., Sakari, H., Tanabe, S., (2001). “Trace element accumulation in hawksbill turtles (Eretmochelys lmbricata) and green turtles (Chelonla mydas) from Yaeyama Islands, Japan”. Environmental Toxicology and Chemistry, 20 (12), 2802-2819.

22- Hajeb, P., Christianus, A., Ismail, A., Shakibazadeh, Sh., saad, C.R., (2009). “Heavy metal concentration in Horseshoe Crab (Carcinoscoscorpius rotundicauda and Tachypleus gigas) eggs from Malaysian Coastline”. Biology and Conservation of Horseshoe Crabs, 2, 455-463.

23- Harding, L.E., Graham, M., Paton, D., (2005). “Acuumulation of selenium and lack of severe effects on productivity of American Dippers (Cinclusmexicanus) and Spotted Sand pipers (Actitisma cularia)”. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 48 (3), 414-423.

24- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., Omar, H., (2002). “Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel Perna viridis from the west coast of Peninsular Malaysia”. Environment International, 28, 117-126.

25- Ismail, I., Omar, H., Tan, S.G., Yap, C.K, (2002). “Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb, and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-Lipped mussel Pernaviridis from the west coast of Peninsular Malaysia”. Environment International, 28 (1-2), 117-126.

۲۶- کریمی، آ، یزدان داد، ح، اسماعیلی، ع، (۱۳۸۶). "بررسی تجمع فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، روی و آهن در برخی اندام های باکلان بزرگ (Phalacrocorax carbo) در تالاب انزلی"، فصلنامه محیط شناسی، دوره ۳۳، شماره ۴۳، صفحات ۹۲-۸۳.

۲۷- حسن پور، م، پورخباز، ع.ر، قریانی، ر، (۱۳۹۰). ""اندازه گیری فلزات سنگین در آب، رسوب و پرنده وحشی چنگر در حاشیه جنوب شرقی دریای خزر"، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۱، ویژه نامه شماره ۱، صفحات ۱۹۴- ۱۸۴.

28- Van, Eeden P.H., (2003). “Seasonal change in metal concentrations in selected tissues of the Redknobbed Coot, Fulica cristata, from a metalpolluted wetland”. Water SA, 29 (1), 91-99.

29- Van Eeden, P.H., (2003). “Metal concentrations in selected organs and tissues of five Redknobbed Coot (Fulica cristata) populations”. Water SA, 29 (3), 313-322.

30- Hernandez, L.M., Gomara, B., Fernandez, M., Jimenez, B., Gonzalez, M.J., Baos, R., Hiraldo, F., Ferrer, M., Benito, V., Suñer, M.A., Devesa, V., Muñoz, O., Montoro, R., (1999). “Accumulation of heavy metals and As in wetland birds in the area around Doñana National Park affected by the Aznalcollar toxic spill”. Science of the Total Environment, 242 (1-3), 293-308.

31- Savinov, V.M., Gabrielsen, G.W., Savinova, T.N., (2003). “Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences”. Science of

the Total Environment, 306 (1-3), 133-158.

۳۲- منصوری، ج، (۱۳۷۹). "راهنمای صحرایی پرنـدگان ایران"، انتشارات ذهن آویز، ۴۹۰ صفحه.

33- Fasola, M., Canova, L., Biddau, L., (1996). "Foraging habits of crab plovers Dromas ardeola overwintering on the Kenya Coast Colonial", Waterbirds, 19 (2), 207-213.

34- Burger, J., Gochfeld, M., (1996). "Heavy metal and selenium levels in birds at Agassiz National Wildlife Refuge, Minnesota: food chain differences". Environmental Monitoring and Assessment, 43, 267-282.

35- Burger, J., Gochfeld, M., (2001). "Metal levels in feathers of cormorants, flamingos and gulls from the coast of Nambia in southern Africa". Environmental Monitoring and Assessment, 69, 195-203.

36- Burger, J., (2002). "Food chain differences affect heavy metals in bird eggs in Barnegat, New Jersey". Environmental Research, 90, 33-39.

37- Burger, J., Echhorst, B., (2005). "Heavy metals and selenium in Grebe eggs from Agassiz National Wildlife Refuge in Northern Minnesota". Environmental Monitoring and Assessment, 107, 285-295.

38- Lam, J.C.W., Tanabe, S., Wong, B.S.F., Lam, P.K.S., (2004). "Trace element residues in eggs of little egret (Egretta garzetta) and black-crowned night heron (Nycticorax nycticorax) from Hong Kong, China". Marine Pollution Bulletin, 48, 390-396.

39- Burger, J., Gochfeld, M., (1995). "Heavy metal and selenium concentrations in eggs of herring gulls (Larusargentatus): Temporal differences from 1989 to 1994". Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 29 (2), 192-197.

40- Burger, J., Gochfeld, M., Jeitner, C., Burke, S., Conrad, D., Snigaroff, V.R., Snigaroff, D., Shukla, T., Shukla, Sh., (2009). "Mercury and other metals in eggs and feathers of glaucous-winged gulls (Larusglaucescens) in the Aleutians". Environmental Monitoring and Assessment, 152, 179-194.

41- Eisler, R., (1988). "Lead hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. Contaminant Hazard Reviews Report No. 14", U.S. Fish and Wildlife Service. Patuxent Wildlife Research Center Laurel, MD, 112 p.

42- Burger, J., Gochfeld, M., (2000). "Effects of lead on birds (Laridae): A review of laboratory and field studies", Journal of Toxicology and Environmental Health, 3, 59-78.

43- Agusa, T., Matsumoto, T., Ikemoto, T., Anan, Y., Kubota, R., Yasunaga, G., Kunito, T., Tanabe, S., Ogi, H., Shibata, Y., (2005)."Body distribution of trace elements in black-tailed gulls from Rishiri Island, Japan: age dependent accumulation and transfer to feathers and eggs". Environmental Toxicology and Chemistry, 24 (9), 2107-212.

44- Mora, M.A., (2003). "Heavy metals and metalloids in egg contents and eggshells of passerine birds from Arizona". Environmental Pollution, 125, 393-400.

45- Romanoff, A.L., (1967). "Biochemistry of Avian Embryo". John Wiley & Sons, New York, (Chs. 7, 15), 416 p.

46- Ayas, Z., (2007). "Trace element residues in eggshells of grey heron (*Ardea cinerea*) and black-crowned night heron (*Nycticorax nycticorax*) from Nallihan Bird Paradise, Ankara-Turkey". Ecotoxicology, 16, 347-352.
47- Burger, J., (1994). "Heavy metals in avian eggshells: another excretion method". Journal of Toxicology and Environmental Health, 41, 207-220.
48- Gochfeld, M., Burger, J., (1998). "Temporal trends in metal levels in eggs of endangered roseate tern (*Sterna dougallii*) in New York". Environmental Research, 77, 36-42.
49- Ohlendorf, H.M., Harrison, C.S., (1986). "Mercury, selenium, cadmium and organochlorines in eggs of three Hawaiian seabird species". Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical, 11(3), 169-191.
50- Morera, A., Sanpera, C., Crespo, S., Jover, L., Ruiz, R., (1997). "Inter- and intraclutch variability in heavy metals and selenium levels in Audouin's Gull Eggs from the Ebro Delta, Spain". Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 33 (1), 71-75.
51- Goutner, V., Papagiannis, I., Kalfakakou, V., (2001). "Lead and cadmium in eggs of colonially nesting waterbirds of different position in the food chain of Greek wetlands of international importance". Science of the Total Environment, 267, 169-176.
52- Ikemoto, T., Kunito, T., Tanabe, S., Tsurumi, M., Sato, F., Oka, N., (2005). "Non-destructive monitoring of trace element levels in short-tailed albatrosses (Phoebastria albatrus) and black-footed albatrosses (Phoebastrianigripes) from Torishima Island, Japan using eggs and blood". Marine Pollution Bulletin, 51, 889-895.